Mesure du champ magnétique sur un conducteur droit et sur des boucles conductrices

Objectifs expérimentaux

- Mesure du champ magnétique sur un conducteur droit et sur des boucles conductrices en fonction de l'intensité du courant.
- Mesure du champ magnétique sur un conducteur droit en fonction de l'écartement de l'axe du conducteur.
- Mesure du champ magnétique sur des conducteurs annulaires en fonction du rayon de la boucle et de la distance sur l'axe central.

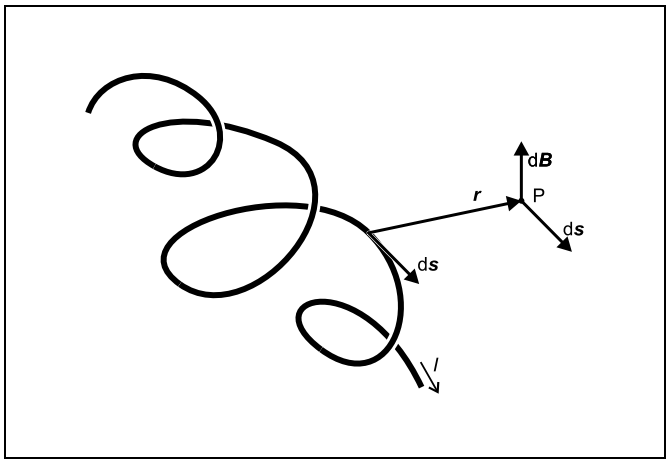
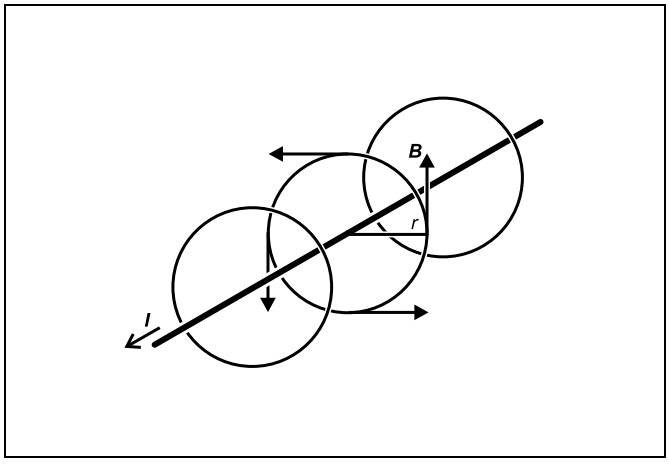


Fig. 1 Calcul du champ magnétique d'un conducteur traversé par un courant sous forme d'intégrale sur le conducteur.

Fig. 2 Champ magnétique d'un fil infiniment long.



Notions de base

Le champ magnétique ***B*** d'un conducteur quelconque parcouru par un courant *I* au point P se compose d'après la loi de *Biot et Savart* des contributions

$$d\boldsymbol{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{r^2} \cdot d\boldsymbol{s} \times \frac{\boldsymbol{r}}{r} \qquad \text{(I)}$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$: constante de champ magnétique

des divers segments de conducteur dont la longueur et la direction sont décrites par le vecteur d***s***. ***r*** est ici le rayon vecteur du conducteur au point P (voir fig. 1).

Le calcul de tout le champ magnétique exige donc la résolution d'une intégrale. Des solutions analytiques ne peuvent être indiquées que pour des conducteurs avec des symétries particulières. C'est ainsi que le champ magnétique d'un fil infiniment long à la distance *r* de l'axe vaut

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{2}{r} \qquad \text{(II)}$$

et que les lignes de champ évoluent concentriquement par rapport à l'axe du cylindre (voir fig. 2). Le champ magnétique

Matériel

1 jeu de quatre conducteurs	516 235
1 teslamètre	516 62
1 sonde B axiale	516 61
1 sonde B tangentielle	516 60
1 câble de connexion, 6 pôles	501 16
1 alimentation à courant fort	521 55
1 petit banc d'optique	460 43
1 support pour éléments enfichables	460 21
2 noix Leybold	301 01
1 pied en V, grand modèle	300 01
1 jeu de 6 douilles de connexion	501 644

Câbles d'expérience, Ø 2,5 mm^2

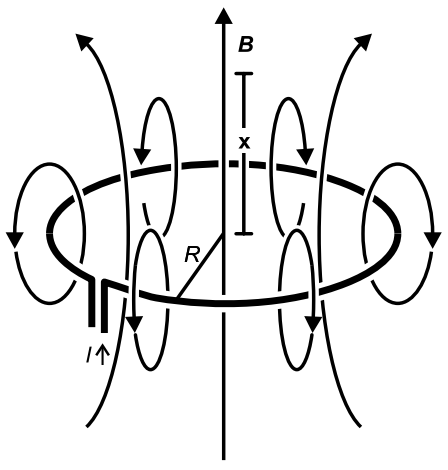
d'une boucle de courant circulaire de rayon R à la distance x sur un axe passant par le centre de la boucle est

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot 2\pi \cdot \frac{R^2}{\left(R^2 + x^2\right)^{\frac{3}{2}}} \qquad \text{(III)}$$

Ses lignes de champ évoluent parallèlement à l'axe (voir fig. 3).

Dans l'expérience, on mesure le champ magnétique des conducteurs mentionnés avec une sonde B axiale ou tangentielle. Leurs capteurs de Hall à surface mince sont sensibles perpendiculairement à leur surface, c.-à.-d. qu'il est aussi possible de déterminer la direction du champ magnétique en plus de son intensité. On vérifie l'influence de la distance r sur la densité de flux magnétique B sur le conducteur droit et l'influence de la coordonnée spatiale x sur le rayon R sur les conducteurs annulaires ainsi que la proportionnalité entre la densité de flux magnétique B et l'intensité du courant I sur les deux conducteurs.

Fig. 3 Champ magnétique d'un conducteur annulaire.



Montage et réalisation

a) Champ magnétique d'un conducteur droit:

Le montage expérimental est représenté sur la fig. 4.

- Installer le petit banc d'optique dans le grand pied en V et le positionner à l'horizontale.
- Monter le support pour éléments enfichables **(a)** avec la noix Leybold.
- Enficher le support pour conducteur droit **(b_1)**, fixer le conducteur droit et le brancher à l'alimentation en courant fort.
- Brancher la sonde B tangentielle au teslamètre et ajuster le zéro de celui-ci (voir mode d'emploi du teslamètre).
- Pour finir, monter la sonde B tangentielle dans la noix Leybold (bord gauche de la noix Leybold à la graduation 50,0 cm) et l'orienter vers le centre du conducteur droit (latéralement et en hauteur).
- Amener le conducteur droit juste jusqu'au capteur de Hall **(c_1)** (distance s = 0).
- Augmenter le courant I de la bobine de 0 à 20 A par pas de 2 A, mesurer le champ magnétique B et noter les valeurs mesurées.
- Avec I = 20 A, déplacer pas à pas la sonde B vers la droite, mesurer le champ magnétique B suivant la distance s et noter les valeurs mesurées.

b) Champ magnétique de boucles conductrices annulaires:

Le montage expérimental est représenté sur la fig. 5.

- Remplacer le support pour conducteur droit par l'adaptateur pour boucles conductrices **(b_2)** puis enficher la boucle conductrice de 40 mm de diamètre.
- Pour l'alimentation en courant de la boucle conductrice, enficher le câble d'expérience dans les douilles du support pour éléments enfichables **(a)**.
- Brancher la sonde B axiale au teslamètre et ajuster le zéro (voir mode d'emploi du teslamètre).
- Pour finir, monter la sonde B axiale dans la noix Leybold (bord gauche de la noix Leybold à la graduation 70,0 cm) et l'orienter vers le centre de la boucle conductrice.
- Positionner la boucle conductrice le plus exactement possible vers le capteur de Hall **(c_2)**.
- Augmenter le courant I de la bobine de 0 à 20 A par pas de 2 A, mesurer le champ magnétique B et noter les valeurs mesurées.
- Avec I = 20 A, déplacer pas à pas la sonde B vers la droite et vers la gauche, mesurer le champ magnétique B en fonction de la coordonnée spatiale x et noter les valeurs mesurées.
- Remplacer la boucle conductrice de 40 mm par celle de 80 mm puis par celle de 120 mm et à nouveau mesurer le champ magnétique en fonction de la coordonnée spatiale x.

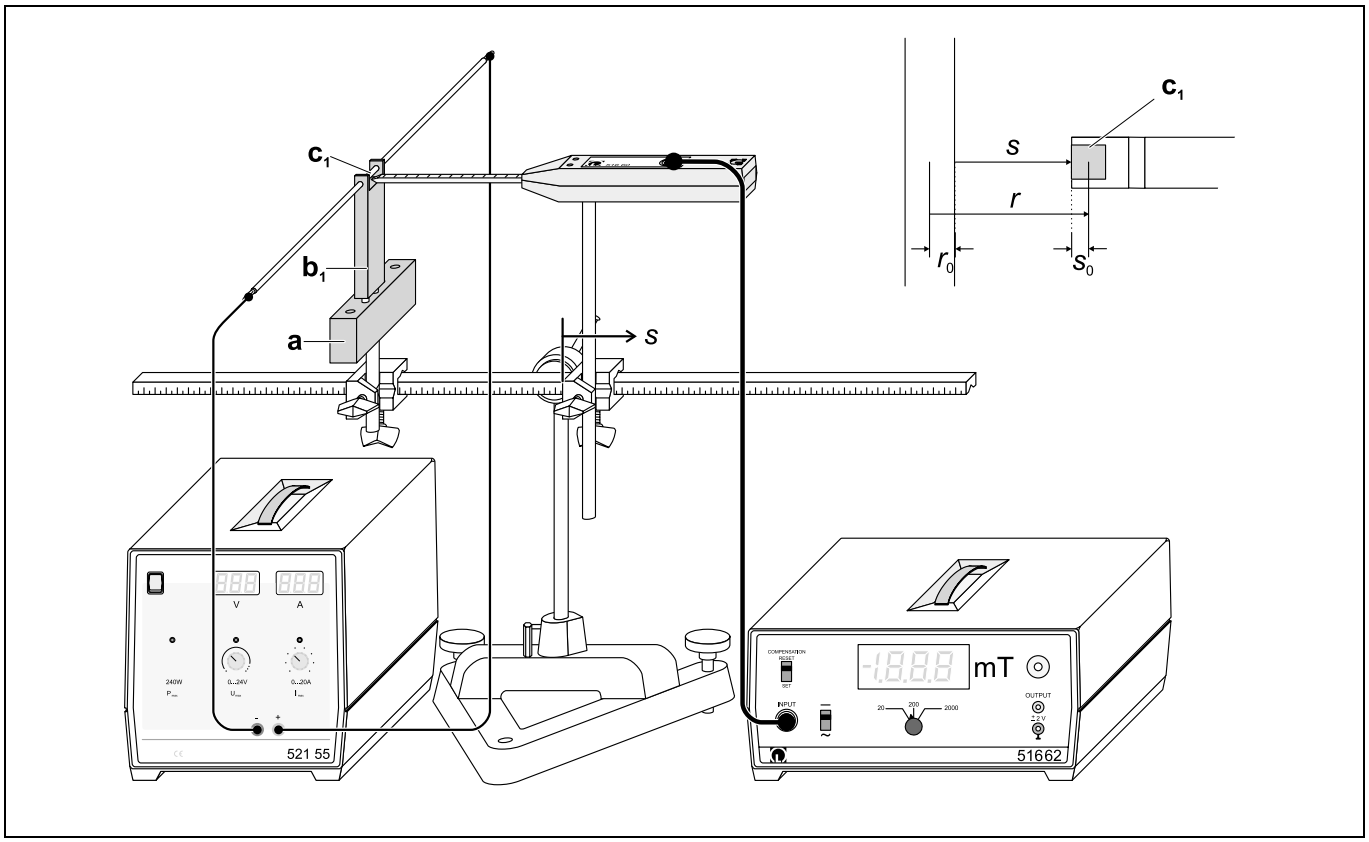
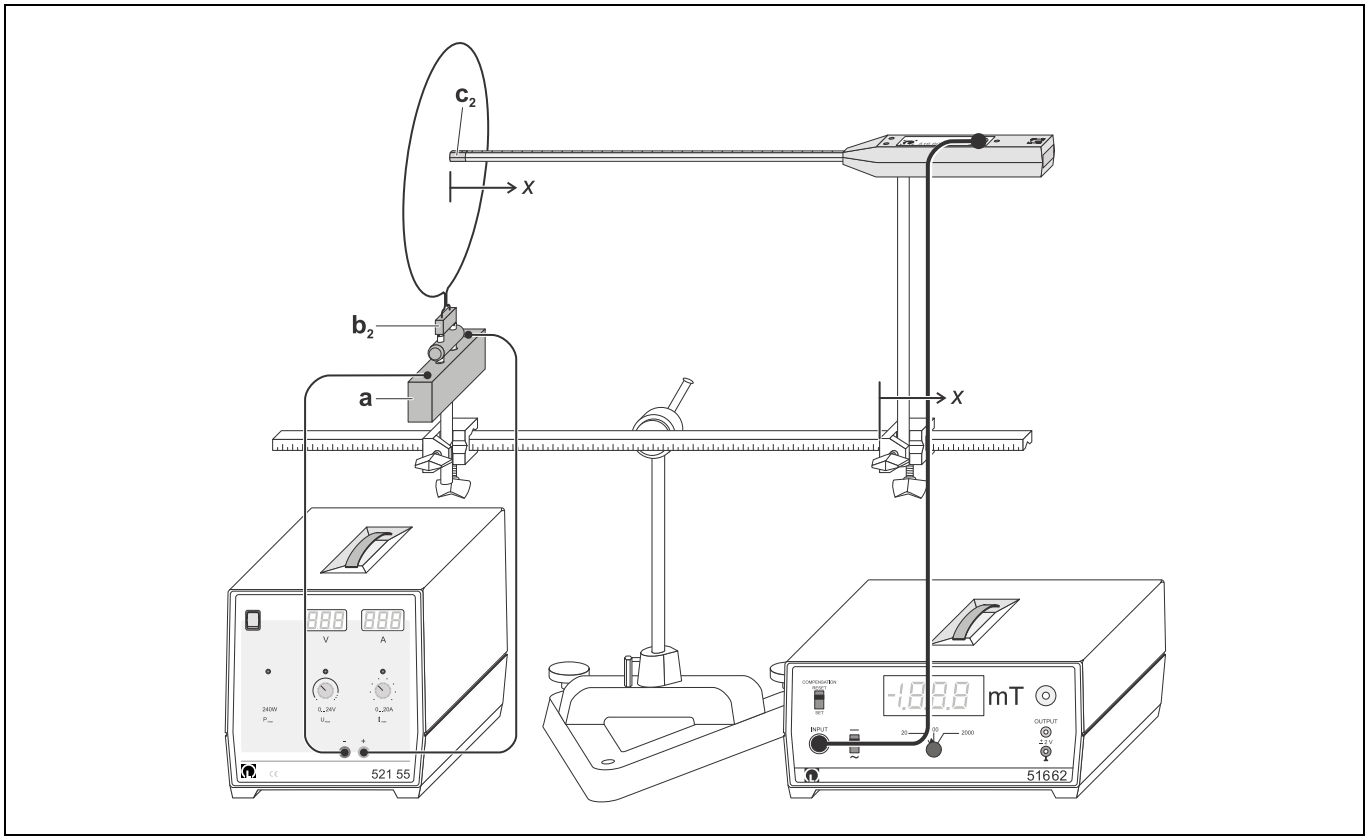


Fig. 4 Montage expérimental pour la mesure du champ magnétique sur un conducteur droit

Fig. 5 Montage expérimental pour la mesure du champ magnétique sur des conducteurs annulaires



Exemple de mesure

a) Champ magnétique d'un conducteur droit:

Tab. 1: Champ magnétique *B* du conducteur droit en fonction de l'intensité du courant *I* (distance *s* = 0)

$\frac{I}{A}$	$\frac{B}{mT}$
0	0,00
2	0,13
4	0,27
6	0,40
8	0,51
10	0,64
12	0,76
14	0,91
16	1,025
18	1,15
20	1,28

Tab. 2: Champ magnétique *B* du conducteur droit en fonction de la distance *s* qui sépare la surface du conducteur et la sonde B (intensité du courant *I* = 20 A)

$\frac{s}{mm}$	$\frac{B}{mT}$
0	1,28
1	0,97
2	0,77
3	0,64
4	0,55
5	0,48
6	0,43
7	0,395
8	0,35
9	0,33
10	0,31
15	0,21
20	0,17
25	0,14
30	0,11
40	0,085

b) Champ magnétique de boucles conductrices:

Tab. 3: Champ magnétique *B* de la boucle conductrice de 40 mm de diamètre en fonction de l'intensité du courant *I*

$\frac{I}{A}$	$\frac{B}{mT}$
0	0
2	0,07
4	0,13
6	0,19
8	0,26
10	0,32
12	0,38
14	0,45
16	0,51
18	0,58
20	0,64

Tab. 4: Champ magnétique *B* des boucles conductrices en fonction de la distance *x*

$\frac{x}{mm}$	$\frac{B}{mT}$	$\frac{x}{mm}$	$\frac{B}{mT}$	$\frac{x}{mm}$	$\frac{B}{mT}$
2*R* = 40 mm		2*R* = 80 mm		2*R* = 120 mm	
−10	0,005	−10	0,015		
−7,5	0,015	−9	0,02		
−5	0,035	−8	0,03		
−4	0,06	−7	0,04	−9	0,04
−3	0,11	−6	0,05	−7,5	0,06
−2,5	0,14	−5	0,08	−6	0,08
−2	0,21	−4	0,11	−4,5	0,11
−1,5	0,33	−3	0,16	−3	0,15
−1	0,45	−2	0,23	−1,5	0,19
−0,5	0,58	−1	0,29	0	0,21
0	0,64	0	0,32	1,5	0,19
0,5	0,58	1	0,3	3	0,15
1	0,46	2	0,24	4,5	0,11
1,5	0,32	3	0,17	6	0,07
2	0,22	4	0,11	7,5	0,05
2,5	0,15	5	0,08	9	0,03
3	0,1	6	0,05		
4	0,05	7	0,04		
5	0,035	8	0,025		
7,5	0,01	9	0,02		
10	0,005	10	0,015		

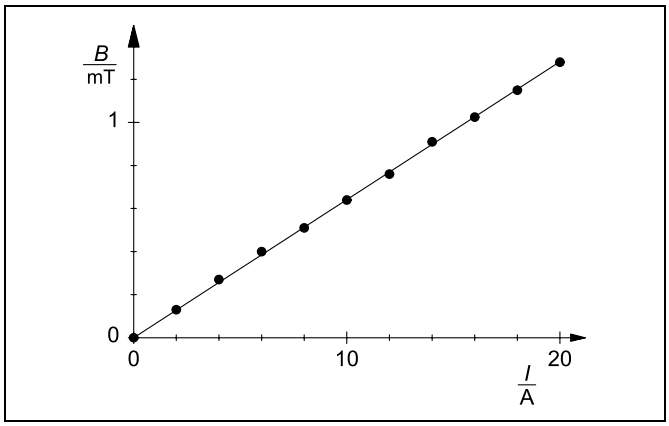


Fig. 6 Champ magnétique *B* du conducteur droit en fonction de l'intensité du courant *I*

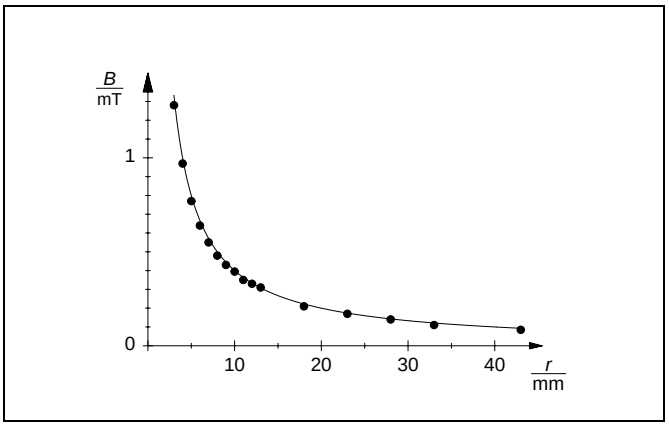


Fig. 7 Champ magnétique *B* du conducteur droit en fonction de l'écartement *r* de l'axe du conducteur

Exploitation et résultat

a) Champ magnétique d'un conducteur droit:

L'influence de l'intensité du courant *I* sur le champ magnétique *B* pour le conducteur droit est représentée graphiquement sur la fig. 6. Les valeurs mesurées (cf. tab. 1) sont réparties, dans le cadre de la précision de mesure, sur la droite passant par l'origine qui est tracée, c.-à-d. que le champ magnétique *B* et l'intensité du courant *I* sont proportionnels entre eux.

La fig. 7 donne une représentation graphique des valeurs mesurées du tab. 2. On a ici tenu compte du fait que la distance *s* entre la surface du conducteur et le bord de la sonde B qui est indiquée dans le tableau diffère de l'écartement *r* de l'axe du fil intervenant dans l'équation (I). La différence $r - s = 3$ mm se compose du rayon $r_0 = 2$ mm du conducteur droit et de la distance $s_0 = 1$ mm entre le bord de la sonde B et le centre du capteur de Hall (voir fig. 4). La courbe tracée sur la fig. 4 a été calculée conformément à l'équation (I) pour $I = 20$ A. Dans la représentation de la fig. 8, la courbe correspond à une droite passant par l'origine.

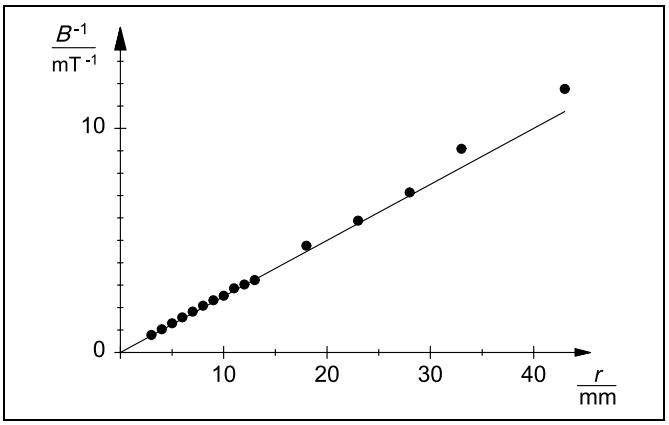


Fig. 8 Champ magnétique *B* du conducteur droit dans la représentation 1/B = *f*(*r*)

b) Champ magnétique de boucles conductrices:

La fig. 9 montre la subordination du champ magnétique *B* à l'intensité du courant *I* pour un conducteur annulaire. Ici aussi, la coïncidence entre les valeurs mesurées (cf. tab. 3) et la droite passant par l'origine qui est tracée vérifie la proportionnalité entre le champ magnétique *B* et l'intensité du courant *I*.

Sur la fig. 10, c'est la subordination du champ magnétique *B* à la coordonnée spatiale *x* qui est représentée pour les trois conducteurs annulaires. Les droites tracées ont été calculées conformément à l'équation (II) pour l'intensité du courant $I = 20$ A.

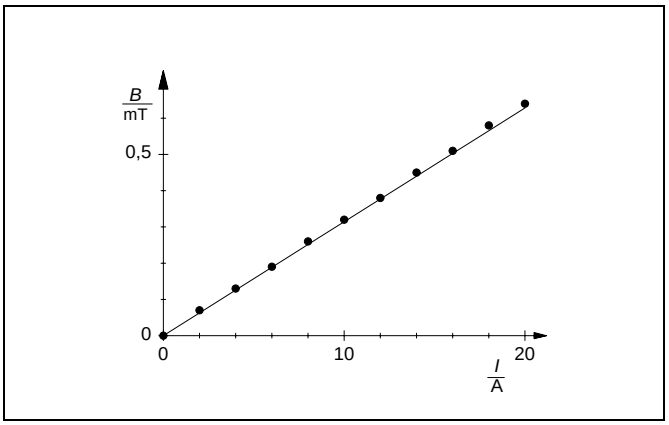


Fig. 9 Champ magnétique *B* de la boucle conductrice (40 mm de diamètre) en fonction de l'intensité du courant *I*

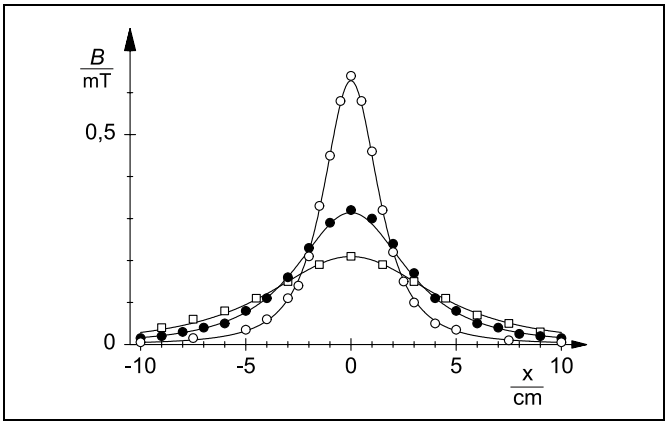


Fig. 10 Champ magnétique *B* de boucles conductrices de rayon *R* en fonction de la coordonnée spatiale *x*

○ *R* = 60 mm, ● *R* = 40 mm, (□) *R* = 20 mm

© by Leybold Didactic GmbH
Printed in the Federal Republic of Germany
Technical alterations reserved